

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

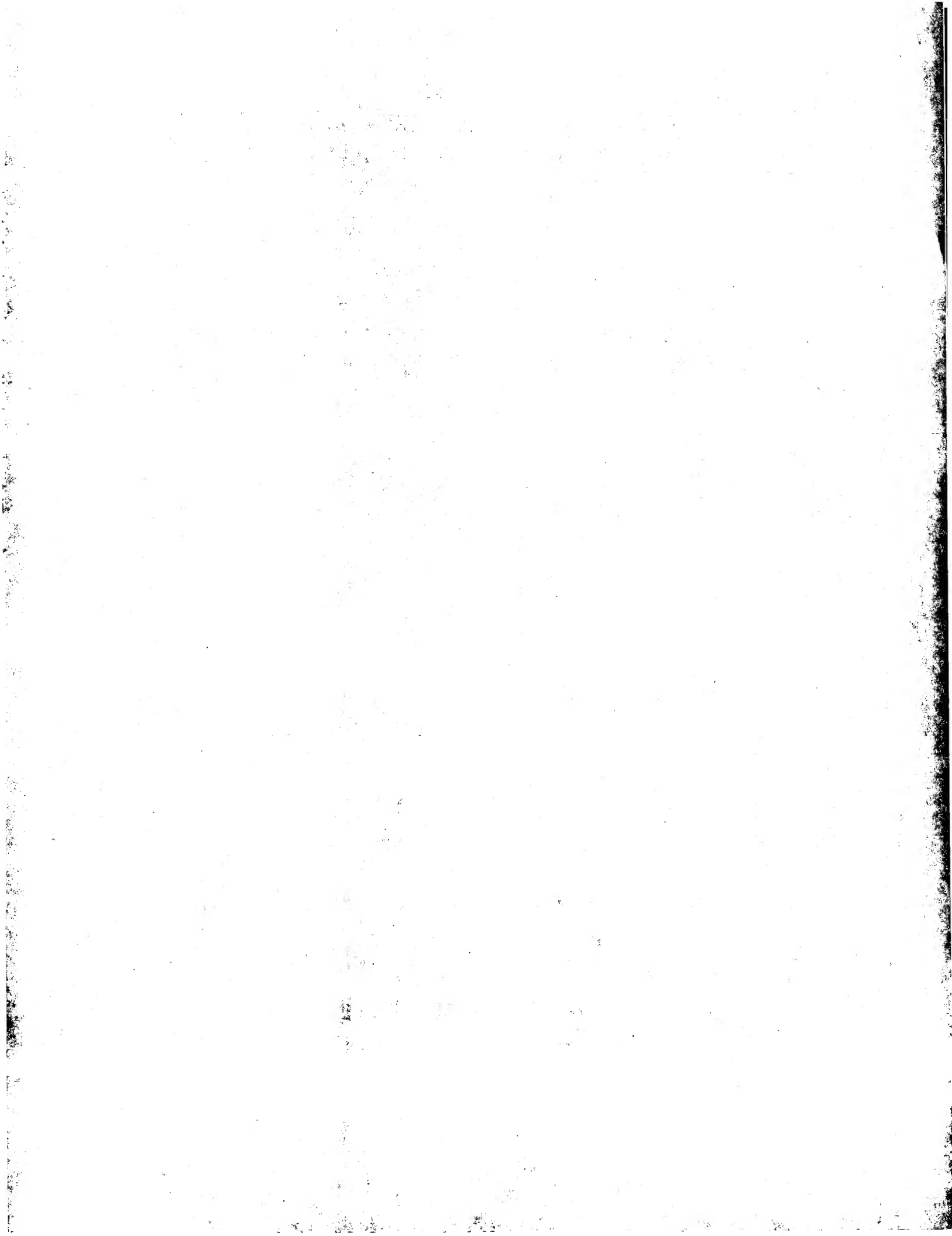
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Juergen Krieger et al.

For: Method And Device For Determining Leaks At The Seal Of A Valve

Ser. No.: 10/021,951

Group Art Unit: 2855

Filed: 12/13/2001

Examiner: Michael T. Cygan

Notice of Allowability Dated: 02/06/2004

Confirmation No.: 2703

Assignee: ABB Patent GmbH

Docket No.: PHB71676

**CLAIM OF PRIORITY**  
**SUBMITTAL OF CERTIFIED COPY OF FOREIGN APPLICATION**

Commissioner for Patents:

Applicant has in the Combined Declaration and Power of Attorney executed for the above-identified application claimed priority from German application SN: 00127903.3 filed on December 20, 2000. Applicant hereby files the certified copy of the German application.

Respectfully submitted,

Date: 2/17/04

Michael M. Rickin

Reg. No. 26,984

Attorney for Applicant

ABB Inc.

Legal Department - 4U6

29801 Euclid Avenue

Wickliffe, OH 44092-2530

(440) 585-7840

\*\*\*Certificate of Mailing Appears On Following Page\*\*\*



1/19 1066 1/19



CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to:

Mail Stop Issue Fee  
Commissioner For Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

on the 17<sup>th</sup> day of February

Respectfully submitted,

Debra A. Rietze  
Debra A. Rietze



21676



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

00127903.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**I.L.C. HATTEN-HECKMAN**

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE,    27/08/01  
LA HAYE, LE







Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.:  
Demande n°: 00127903.3

Anmeldetag:  
Date of filing: 20/12/00  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
ABB PATENT GmbH  
68309 Mannheim  
GERMANY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:

Verfahren und Einrichtung zur Ermittlung von Leckagen an der Dichtung eines Ventils

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

G01M3/28

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:



EPO - Munich  
67  
20. Dez. 2000ABB Patent GmbH  
Kallstadter Strasse 1  
68309 Mannheim12. Dezember 2000  
Pat 6 / 71676 Sm

5

**Verfahren und Einrichtung zur Ermittlung von Leckagen an der Dichtung eines Ventils.**

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Ermittlung von Leckagen an der Dichtung eines Ventils bzw einer Ventilstange, insbesondere eines Prozessventiles, gemäß Oberbegriff des Patentansprüche 1 und 10.

15

An verfahrenstechnischen Ventilen , d.h. an Prozessventilen werden die Durchführungen der Ventilstangen, die den Antrieb mit dem Ventilschieber verbinden, gemäß dem Stand der Technik mit Packungen verschiedenster Materialien und Ausführung oder mit Lippendichtungen abgedichtet.

20

Während der Einsatzzeit des Ventils können an den Packungen und Dichtungen Verschleißerscheinungen und oder Beschädigungen auftreten, die zu einer Undichtigkeit führen. Eine Undichtigkeit hat zur Folge, dass das Medium, welches durch das Prozessventil gesteuert wird, in die Umgebung austreten kann. Dieser unerwünschte Effekt wird als externe Leckage oder Leckage zur Umgebung hin bezeichnet.

25

30

In Abhängigkeit von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Mediums, von der Art der Anwendung sowie des Einsatzortes kann in gewissen Grenzen eine kontinuierliche Leckage zulässig sein. Bei anderen Anwendungen ist eine Leckage jeglicher Art möglichst zu unterbinden. Insbesondere bei brennbaren und explosiven Medien sowie bei toxischen oder schwer abbaubaren Substanzen können Leckagen verheerende Folgen für die Umwelt nach sich ziehen oder zu einer Gefährdung von Mensch und Anlagen führen. Bei wertvollen Stoffen ist auch der finanzielle Verlust durch Leckagen nicht zu vernachlässigen.

35

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Einrichtung der gattungsgemäßen Art dahingehend weiterzubilden, daß eine Leckage im Ventilstangenbereich bei Prozessventilen zuverlässig und sicher erkannt werden kann, um sodann einen rechtzeitigen Hinweis zum Wechsel der Ventilstangendichtung zu erhalten.

Die gestellte Aufgabe ist bei einem Verfahren der gattungsgemäßen Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Weitere vorteilhafte verfahrensgemäße Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 9 angegeben.

Im Hinblick auf eine Einrichtung der gattungsgemäßen Art ist die Aufgabe erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 10 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den übrigen abhängigen Ansprüchen angegeben.

Hinsichtlich des Verfahrens besteht der Kern der Erfindung darin, dass zur Ermittlung der Leckage der Druck ggfs in Abhängigkeit von der Zeit in einem Kontrollvolumen zwischen einer ersten und einer zweiten Ventilstangendichtung ermittelt und daraus der Leckagestrom berechnet wird. Gegenüber einer bekannten Ventilbauart ist nunmehr der Ventilstangendichtung eine weitere Dichtung quasi nachgeschaltet. Jedoch nicht im Sinne einer redundanten Dichtungsauslegung im Sinne eines Dichtungspaketes, sondern zwischen der herkömmlichen und der zweiten Dichtung wird ein definiertes Kontrollvolumen geschaffen, was in der dargestellten Weise überwacht wird.

Eine einfache redundante Auslegung durch ein aus mehreren Dichtungen bestehendes Dichtungspaket, wie im Stand der Technik oftmals verwendet schafft zwar zeitlich begrenzt eine relativ gute Dichtwirkung, doch kann die Leckage als solche nicht detektiert werden. Im Gegensatz dazu schafft das erfindungsgemäße Verfahren eine

sehr zuverlässige Möglichkeit der Ermittlung der Leckage und somit die Ermittlung des Zustandes der Dichtung.

In vorteilhafter Ausgestaltung ist angegeben,

5 dass aus dem Wert des Leckagestrom auf die Dichtigkeit der Dichtung geschlossen wird, und so ein Dichtungswechselzeitpunkt ermittelt wird.

Weiterhin ist vorteilhaft angegeben, dass das Kontrollvolumen diskontinuierlich geöffnet bzw entleert und dann wieder geschlossen und sodann der Druckanstieg im  
10 Kontrollvolumen gemessen wird. Auf diese Weise ist ein fester Ausgangspunkt reproduzierbar, von dem aus immer gemessen werden kann.

In weiterer Ausgestaltung ist das Kontrollvolumen druckbegrenzt wird, und bei einem oberen Druckwert wird es entleert , solange bis sich ein niedriger Schließdruck  
15 eingestellt hat.

Dabei kann das Kontrollvolumen über ein druckschalterbetätigtes Schaltventil entlüftet bzw. entleert werden, und sodann in Abhängigkeit zur Schließzeit, zum Druck im Kontrollvolumen und den Zustandsgleichungen des Arbeitsmittels ein Leckagestrom  
20 ermittelt werden.

Alternativ dazu kann so vorgegangen werden, dass ein oberer Druckwert und ein niedriger Schließdruck durch Druckschalter oder durch einen Drucksensor erfasst werden, und sodann in Abhängigkeit zur Schließzeit, zum Druck im Kontrollvolumen  
25 und den Zustandsgleichungen des Arbeitsmittels ein Leckagestrom ermittelt wird.

Vorteilhaft ist weiterhin, das Schaltventil über ein Steuerprogramm so anzusteuern, dass wenn ein Prüfungszyklus eingeleitet wird, die Einzelschritte des Prüfzyklusses automatisch ablaufen.

30 Der Prüfungszyklus enthält dann in vorteilhafter Weise folgende Schritte,

- Öffnen des Schaltventiles und Entlüftung des Kontrollvolumens,
- Verschließen des Kontrollvolumens und Start der Kontrollzeit,
- Ermittlung eines Druckanstieges durch Erfassung des Kontrollvolumendruckes  
35 über die Zeit,

- Auswertung und Generierung einer Meldung oder eines Alarms bei Überschreitung vorgegebener Druckanstiegswerte.

Es ist von Vorteil, dass Kontrollvolumen über einen Strömungswiderstand zu entlüften, wobei ein Partikelfilter vorgeschaltet ist, und der Differenzdruck zwischen Zwischenvolumendruck und Druck hinter dem Strömungswiderstand gemessen, und daraus zusätzlich der Verschmutzungsgrad des Filters ermittelt wird.

Im einrichtungsgemäßer Hinsicht besteht der Kern der Erfindung darin, dass zwischen einer ersten und einer zweiten Ventilstangendichtung konstruktiv ein Kontrollvolumen geschaffen ist, und dass dieses Kontrollvolumen mit mindestens einem Drucksensor und /oder Druckschalter drucküberwacht ist, und zur Ermittlung eines Leckagestromes mit einer Auswerteeinheit oder einen Stellungsregler logisch verschaltet ist.

Einrichtungsgemäß sind hierzu natürlich die Verwendung von Strömungswiderstand und Filter zum Entlüften oder entleeren des Kontrollvolumens von großem Vorteil.

Zur Ermittlung des Verschmutzungsgrades des Filters ist ein weiterer Drucksensor hinter dem Filter angeordnet, und zur Verschmutzungsgradermittlung wird der Differenzdruck zwischen dem Druck im Kontrollvolumen und dem Druck hinter dem Filter gemessen, wobei ggfs eine Aufforderung und/oder ein Signal zum Filterwechsel generierbar ist.

Vorteilhafterweise kann nun das Kontrollvolumen über ein Schaltventil entlüftbar bzw entleerbar ist, welches über einen Druckschalter betätigbar ist. Von Vorteil ist auch das Schaltventil als Druckbegrenzungsventil auszubilden.

Weiterhin kann nun das Schaltventil über eine Auswerteeinheit oder einen Stellungsregler angesteuert werden.

Das Schaltventil kann dabei als Wegeventil, insbesondere als 2/2-Wegeventil ausgestaltet sein.

Bei vorhandenen Schadstoffen im Arbeitsdruckmittel ist das Kontrollvolumen (30) in ein abgeschlossenen oder ein abschließbares Volumen hinein entlüftbar ist.

5 Bei Erreichen entsprechender Leckagestromgrenzwerte kann in vorteilhafter  
Ausgestaltung automatisch eine Aufforderung und/oder ein Signal zum Wechsel der  
Ventilstangendichtung generiert werden.

Wegen der sogar fernüberwachbaren Zustandsermittlung der Dichtung ist eine solche  
Einrichtung besonders vorteilhaft als fernüberwachbares Prozessventil einsetzbar.

10

Die Erfindung sowohl in verfahrensgemäßer sowie einrichtungsgemäßer Hinsicht ist in  
der Zeichnung dargestellt und nachfolgend näher erläutert.

Es zeigt:

15

Fig.1: Ventilstange mit Dichtung und Kontrolldichtung.

Fig.2: Funktionsweise A – Überwachung mit kontinuierlicher Öffnung des  
Kontrollvolumens.

20

Fig.3: Überwachung durch Beobachtung des Kontrolldruckes.

Fig.4: gemäß Figur 3, mit zeitweiser Entlüftung.

Fig.5: gemäß Figur 4, mit Ventiltyp „unbetätigt geschlossen“.

25

Fig.6: Ersatzschaltbild mit Dichtungen und Durchflusswiderstand.

Fig.7: Ersatzschaltbild mit Dichtungen und 2/2-Wege-Auslassventil.

30

Figur 1 macht den grundlegenden Gedanken deutlich, der in beiden Verfahren bzw  
Vefahrensausgestaltungen verwirklicht ist. Zur Leckage-Überwachung bzw. zur  
Leckage-Detektion an Dichtungen und Packungen die zur Abdichtung der  
Gehäusedurchführung 2 der Ventilstange 1 an verfahrenstechnischen Ventilen dienen,  
wird zuzüglich zur ersten Dichtung 10 eine zweite Dichtung 20 gleicher oder anderer

Bauform, die „Kontroll-Dichtung“ genannt wird, verwendet. Diese zweite Dichtung 20 dient ebenfalls der Abdichtung der Ventilstange 1 und ist in Reihe mit der ersten Dichtung 10 zu deren dem Systemdruck abgewandten Seite hin angeordnet.

- 5 Beide Dichtungen 10 und 20 schließen ein Volumen ein, welches als Kontroll-Volumen 30 bezeichnet wird. Abhängig von der Bauart des Prozessventils ist dieses Kontrollvolumen konstant oder in Grenzen veränderlich. Es wird vorausgesetzt, dass die zu überwachende Dichtung 10 gleich stark oder stärker bzw. schneller verschleißt, als die Kontrolldichtung 20. Im Falle einer auftretenden Leckage an der zu
- 10 überwachenden Dichtung bzw. an beiden Dichtungen kommt es zu einem Druckanstieg im Kontroll-Volumen 30. Durch Verwendung von Drucksensoren oder Druckschaltern kann der Druckanstieg erfasst und mittels einer Intelligenz (z.B. Stellungsregler mit entsprechendem Steuerprogramm) interpretiert werden.
- 15 Abhängig von der zulässigen Leckagerate werden zwei Funktionsweisen unterschieden, von denen die erste in Figur 2 gezeigt wird. Im Falle der Zulässigkeit einer gewissen - wenn auch geringen - Leckagerate kann das Kontrollvolumen 30 kontinuierlich entleert werden. Zur kontinuierlichen Entleerung wird das Kontrollvolumen über einen einmalig zu justierenden Strömungswiderstand (z.B.:
- 20 Drossel, Spalt oder Blende) zur Umgebung hin oder in einen Auffang-Behälter hinein geöffnet. Vor dem Widerstand kann ein Filter vorgesehen werden, um eine Verstopfung durch im Medium mitgeführte Partikel oder andere Verfestigungen zu vermeiden.
- 25 Die verschlissenen Dichtungen stellen aus strömungstechnischer Sicht wiederum einen Widerstand dar. Durch den Druckabfall über die zu überwachende Dichtungen kommt es zu einem Leakagestrom, welcher detektiert werden soll. Der Leakagestrom in das Kontroll-Volumen 30 wiederum führt zu einem Druckanstieg in diesem Volumen. Der Druckanstieg führt dazu, dass sich ebenfalls Leakageströme sowohl über die
- 30 zweite Dichtung als auch über den zusätzlichen Widerstand einstellen. Durch richtige Abstimmung d.h. Einstellung des technischen Widerstandes ist es möglich, den bedeutend größeren Anteil der Strömung über diesen technischen Widerstand zu leiten. Abhängig von dessen Durchflusscharakteristik und den Eigenschaften des verwendeten Mediums stellt sich im Kontrollvolumen 30 ein Druck ein, der größer als
- 35 der Umgebungsdruck und kleiner als der Systemdruck ist. Das Auftreten eben dieses



Druckes wird über Sensoren P1 und P2 detektiert und ist ein notwendiges Indiz für einen zuvor per Justage des technischen Widerstands gewählten Leckagestrom.

Durch die Abstimmung eines Druckniveaus und des Strömungswiderstandes kann eine Leckagerate eingestellt werden, die zwischen „Gut-Zustand“ und unzulässigem „Fehler-Zustand“ liegt. Durch Verwendung von zwei und mehr Druckschaltern  $P_n$  oder einem Drucksensor ist es weiterhin möglich, unterschiedlich stark ausgeprägte Leckagen zu unterscheiden.

Vor der Auslassdrossel kann ein Filter vorgesehen werden, um Verunreinigungen, z.B. aus dem Medium oder auf Grund von Abrieb, die zu einer Verstopfung des Widerstandes führen könnten, vorzubeugen. Der Zustand des Filters kann gegebenenfalls auch durch einen Differenz-Druckschalter überwacht werden.

Figur 3 zeigt eine andere Funktionsweise, und zwar die Überwachung mit zeitweiser oder zwischenzeitlicher d.h. diskontinuierlicher Öffnung des Kontrollvolumens 30. Im Falle der Unzulässigkeit permanenter Leckageraten wird das Kontrollvolumen 30 über ein Druckbegrenzungsventil PV1, falls notwendig, nur auf Befehl des Bedienpersonals entleert.

Im Anschluss an die Entleerung erfolgt im Falle einer Leckage über die zu kontrollierende Dichtung ein Druckanstieg im Kontrollvolumen, der zur Identifikation des Leckagestromes genutzt werden kann. Dabei können folgende Varianten bezüglich der Komponentenauswahl und der Vorgehensweise unterschieden werden.

#### **Variante1 a**

Das Kontrollvolumen 30 wird mit einem Druckbegrenzungsventil PV1 mit ausreichender und bekannter Hysterese versehen. Bei Erreichen des justierten Öffnungsdruckes wird das Kontrollvolumen 30 solange entleert, bis sich der niedrigere Schließdruck eingestellt hat.

Mit zwei Druckschaltern oder einem Drucksensor werden die Schaltunkte erfasst und an einen Stellungsregler weitergeleitet.

Im Stellungsregler 41 kann eine Auswerteeinheit 40 integriert sein, die die Signale der Druckschalter oder des Drucksensors interpretiert. In Abhängigkeit von der Schließzeit, dem Kontrollvolumen, dem Druck im Kontrollvolumen und den Zustandsgleichungen des Arbeitsmittels wird ein Leckagestrom ermittelt.

- 5 Der ermittelte Leckagestrom wird mit einem zulässigen Leckagestrom verglichen. Im Falle einer Überschreitung eines zulässigen Leckagestromes wird von der Auswerteeinheit ein Alarm generiert und an eine übergeordnete Überwachungseinheit (z.B. ein Leitsystem) weitergeleitet. Der auftretende Alarm kann auch direkt außen am Stellungsregler angezeigt werden.

10

#### **Variante1 b**

Hierzu wird am Kontrollvolumen ein 2/2-Wege-Schaltventil V1 vom Typ „unbetätigt geschlossen“ mit einem Auslass zur Umgebung hin oder in einen Auffangbehälter vorgesehen. Das Schaltventil ist als Sitzventil mit einer ausreichenden Dichtigkeit auszuführen.

15

Das Schaltventil kann auf drei verschiedene Weisen betätigt werden:

1. Über einen Druckschalter mit ausreichender und bekannter Hysterese oder Zweipunktschalter.
2. Über zwei Druckschalter, die jeweils auf einen bekannten Öffnungs- und Schließdruck justiert sind.
- 20 3. Über einen Druckschalter mit nachgeschaltetem Zeitgeber (Ausschaltverzögerung).

25

Gemäß Figur 4 kann daneben zusätzlich ein Drucksensor verwendet werden, der das Drucksignal zum Stellungsregler weiterleitet.

Im Stellungsregler befindet sich eine Auswerteeinheit, die die Signale vom Druckschalter und/oder dem Drucksensor interpretiert. In Abhängigkeit von der Schließzeit, dem Kontrollvolumen, dem Druck im Kontrollvolumen und den Zustandsgleichungen des Arbeitsmittels wird ein Leckagestrom ermittelt.

30

Der ermittelte Leckagestrom wird mit einem zulässigen Leckagestrom verglichen. Im Falle einer Überschreitung eines zulässigen Leckagestromes wird von der Auswerteeinheit ein Alarm generiert und an eine übergeordnete Überwachungseinheit

(z.B. ein Leitsystem) weitergeleitet. Der auftretende Alarm kann auch direkt außen am Stellungsregler angezeigt werden.

## Variante 2

5 Die Anordnung ist vergleichbar mit Variante 1b jedoch wird das Schaltventil von einem Stellungsregler mit einem entsprechendem Steuerprogramm betätigt. Ein Prüfzyklus wird

- regelmäßig (etwa jeden Tag, jede Woche, jeden Monat, etc.),
- auf Anforderung eines übergeordneten Leitsystems
- 10 • oder einmalig, etwa auf Grund eines anderen Ereignisses,

gestartet.

Der Prüfzyklus sieht wie folgt aus:

1.) Öffnen des 2/2-Wege-Schaltventils und Entlüftung/Entleerung des Kontrollvolumens (dabei gegebenenfalls Auffangen des Mediums).

15 2.) Verschließen des Kontrollvolumens und Start der Kontrollzeit.

3.a) Zu überwachende Dichtung ist funktionsfähig: es erfolgt kein Druckanstieg.

3.b) Zu überwachende Dichtung ist leak: es erfolgt ein Druckanstieg.

4.) Im Falle eines Druckanstieges wird die Zeit bis zum Erreichen eines definierten Druckwertes ermittelt (z.B. über einen Druckschalter (nicht  
20 dargestellt) oder Grenzwertüberwachung im Stellungsregler) oder die Druckanstiegs-Geschwindigkeit (z.B. über eine Drucksensor) gemessen.

Aus dem Zeitintervall, welches zwischen dem Verschluss des Kontrollvolumens und dem Erreichen eines Kontrolldruckes verstreicht, sowie der Höhe des Kontrolldruckes lässt sich in Abhängigkeit der Eigenschaften des Mediums ein Maß für die Leckagerate  
25 über die zu überwachende Dichtung bestimmen. Die gleiche Größe kann auch aus der Druckanstiegsgeschwindigkeit ermittelt werden.

Bei Eintreten einer zuvor festgelegten Leckagerate kann sowohl eine Fehlermeldung erfolgen als auch der Prüfzyklus bis zur ausstehenden Wartung bzw. Reparatur unterbrochen bzw. unterbunden werden. Letzteres verhindert soweit möglich weitere  
30 Leckagen.

Das auslösende Ereignis für eine Prüfzyklus kann gegebenenfalls auch der erste Druckanstieg im Kontrollvolumen selbst sein. Ebenfalls ist ein sich wiederholender Druckanstieg im Kontrollvolumen bis auf ein gewähltes Druckniveau als Neustart eines

Prüfzyklus denkbar, was im Falle einer einsetzenden Leckage zu einem permanenten Wiederholung des Prüfzyklus führt.

5 Verkürzt sich die Zykluszeit unterhalb eines zulässigen Zeitintervalls, so kann wiederum eine Fehlermeldung und eine endgültige Unterbrechung des Prüfzyklus erfolgen, wie dies in Figur 5 zu sehen ist..

Die Überwachung des Druckniveaus kann alternativ auch beispielsweise durch einen Zweipunkt-Druckschalter mit nachgeschalteter Logik erfolgen.

## 10 Grundlagen zur Berechnung der Leckage aufgrund des Druckanstieges im Kontrollvolumen

### Kontinuierliche Messung

15 Unter der Voraussetzung, dass die verwendeten statischen Dichtungen ideal dicht sind, stellt das Kontrollvolumen ein offenes System mit drei Anbindungen zu seiner Umgebung dar. Die drei Anbindungen sind

1. die zu überwachende Dichtung (1), zwischen dem abzudichtenden Medium und dem Kontrollvolumen,
2. die zusätzliche Dichtung (2), zwischen dem Kontrollvolumen und der Umgebung und
- 20 3. der bekannte Durchflusswiderstand (3), zwischen dem Kontrollvolumen und der Umgebung.

Hierzu zeigt Figur 6 ein Ersatzschaltbild mit zwei Dichtungen und einem Durchflußwiderstand. Der Systemdruck  $p_s$  ist höher als der Druck  $p_k$  im  
25 Kontrollvolumen ist und letzterer ist ebenfalls höher als der Umgebungsdruck  $p_u$ :

$$p_s > p_k > p_u \quad 0.1$$

Der Massenstrom aufgrund der Leckage über die zu überwachende Dichtung 1 teilt sich in jeweils einen Massenstrom über die Dichtung 2 und über den Durchflusswiderstand auf. Der Durchflusswiderstand an der Dichtung 2 wird als etwa  
30 gleich oder eher größer als der von Dichtung 1 angenommen (siehe Kapitel 3). Der justierte Kontrolldruck im Kontrollvolumen liegt unterhalb 10% des Systemdrucks. Somit ergibt sich - selbst im Falle gleicher Widerstände von Dichtung 1 und Dichtung 2 - ein geringerer Massenstrom über Dichtung 2 als über Dichtung 1. Aufgrund der

Gültigkeit des Kontinuitätsgesetzes stellt sich bei einem konstanten Systemdruck ebenfalls ein konstanter Kontrolldruck ein. Dieser Zustand ist als stationärer Zustand zu betrachten.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad 0.2$$

- 5 Der verbleibende Massenstrom über den bekannten Durchflusswiderstand ergibt sich wie folgt:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 - \dot{m}_2 \quad 0.3$$

Für den Fall dass

$$p_k \ll p_s \text{ und damit } \dot{m}_2 \ll \dot{m}_1 \quad 0.4$$

- 10 ist, folgt

$$\dot{m}_3 \approx \dot{m}_1 \quad 0.5.$$

Der Kontrolldruck ist möglichst so zu wählen, dass

$$\dot{m}_2 \leq 10\% \cdot \dot{m}_1 \quad 0.6$$

ist und damit

$$15 \quad \dot{m}_3 \geq 90\% \cdot \dot{m}_1 \quad 0.7.$$

Im Umkehrschluss kann in diesem Fall aus dem Kontrolldruck auf den Leckagemassenstrom geschlossen werden. Abhängig vom Medium und dem Durchflussgesetz des Durchflusswiderstandes gilt:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_3(p_k, T_k, \text{Durchflusswiderstand } C, b, \text{etc.})}{0,9} \quad 0.8.$$

- 20 Für eine definierte maximal zulässige Leckagerate  $\dot{m}_{1,zul}$  ist eine Alarmierung gegeben für den Fall, dass

$$\dot{m}_1 \geq \dot{m}_{1,zul} \quad 0.9$$

gilt, gegeben.

- 25 **Gasförmige Medien**

Stellvertretend für die Vielzahl möglicher gasförmiger Medien, wird im Folgenden beispielhaft die Leckagerate für das Gas Luft beschrieben:

Für einen blendenförmigen Durchflusswiderstand (3) mit dem kritischen Druckverhältnis  $b$  des Widerstandes und dem Leitwert  $C$  (entspricht dem Durchflussbeiwert) gilt, dass dieser für  $b \leq \frac{p_u}{p_k} \leq 1$  unterkritisch durchströmt wird:

$$\dot{m} = C_{\text{Widerstand}} \cdot p_k \cdot \rho_0 \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_k}} \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{\frac{p_u}{p_k} - b}{1 - b} \right)^2} \quad 0.10$$

5 und für  $0 \leq \frac{p_u}{p_k} < b$  überkritisch durchströmt wird

$$\dot{m} = C_{\text{Widerstand}} \cdot p_k \cdot \rho_0 \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_k}} \quad 0.11$$

Der Leitwert  $C$  kann messtechnisch ermittelt werden oder über die Geometrie des engsten Querschnittes  $A_2$  und die zu erwartende Einschnürung  $\alpha_D$  berechnet werden:

$$C = \frac{\alpha_D A_2 \psi_{\max} \sqrt{2 R_{L,0} T_0}}{p_0} \quad 0.12$$

10 Ist beispielsweise der Systemdruck  $10 \text{ bar}_{\text{rel}}$  und beträgt der gewählte Kontrolldruck  $1 \text{ bar}_{\text{rel}}$ , so ergibt sich für eine Drosselbohrung mit  $d = 0,1 \text{ mm}$  mit einer Einschnürung  $\alpha_D = 0,6$  sowie  $\psi_{\max} = 0,484$  der Leitwert zu:

$$C = \frac{\alpha_D A_2 \psi_{\max} \sqrt{2 R_{L,0} T_0}}{p_0} = 0,05612 \frac{\text{NL}}{\text{min} \cdot \text{bar}} \quad 0.13.$$

Aufgrund des Druckverhältnisses

$$15 \quad 0 \leq \frac{p_u}{p_k} = \frac{1 \text{ bar}}{2 \text{ bar}} = 0,5 < b = 0,528 \quad 0.14$$

liegt eine überkritische Durchströmung vor, so dass der Luftmassenstrom

$$\dot{m}_3 = C_{\text{Widerstand}} \cdot p_k \cdot \rho_0 \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_k}} = 0,0022074 \frac{\text{g}}{\text{s}} \quad 0.15$$

bzw. der Normvolumenstrom

$$\dot{V}_3 = 112,24 \frac{\text{Ncm}^3}{\text{min}} \quad 0.16$$

betragen.

Demnach läge eine Leckage von

$$\dot{V}_1 = \frac{\dot{V}_3}{0,9} = 124,71 \frac{\text{Ncm}^3}{\text{min}} \quad 0.17$$

vor.

5

### Kompressible Flüssigkeiten

Bei Flüssigkeiten ist zu unterscheiden, welcher Durchflussform an den jeweiligen Dichtungen (1+2) und dem Durchflusswiderstand (3) auftritt. Im Wesentlichen sind zwei Arten von Widerständen zu unterscheiden, die Blende und der Spalt. Für einen blendenförmigen, also scharfkantigen Widerstand gilt

10

$$Q = \alpha_D \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} \quad 0.18$$

Entsprechend gilt für einen spaltförmigen Widerstand mit einem kreisförmigen Querschnitt:

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot l} \cdot \Delta p \quad 0.19$$

15

beziehungsweise mit rechteckigem Querschnitt

$$Q = \frac{b \cdot h^3}{12 \cdot \eta \cdot l} \cdot \Delta p \quad 0.20$$

Die Druckdifferenz  $\Delta p$  ergibt sich hierbei aus

$$\Delta p = p_k - p_u \quad 0.21$$

Blendenförmige Querschnitte sind in diesem Fall zu bevorzugen, da das zugehörige Durchflussverhalten keine Temperaturabhängigkeit aufweist.

20

Der Leckage-Massenstrom über die zu überwachende Dichtung errechnet sich beispielweise mit der Dichte  $\rho$  des Medium für einen blendenförmigen Widerstand (3) zu:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_3}{0,9} = \frac{\alpha_D \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_k - p_u}}{0,9} \quad 0.22$$

### Diskontinuierliche Messung

Unter der Voraussetzung, dass die verwendeten statischen Dichtungen ideal dicht sind, stellt das Kontrollvolumen für eine diskontinuierliche Messung ebenfalls ein  
 5 offenes System mit drei Anbindungen zu seiner Umgebung dar. Die drei Anbindungen sind

1. die zu überwachende Dichtung (1), zwischen dem abzudichtenden Medium und dem Kontrollvolumen,
2. die zusätzliche Dichtung (2), zwischen dem Kontrollvolumen und der Umgebung  
 und
- 10 3. das zeitweilig geöffnete 2/2-Wege-Auslassventil.

Figur 7 zeigt ein Ersatzschaltbild für ein Kontrollsystem mit zwei Dichtungen und einem 2/2-Wege-Auslassventil.

15 Zur Ermittlung der Leckagerate werden zwei zeitlich aufeinander folgende Zustände des Fluids im Kontrollvolumen betrachtet, für welche

$$p_k(t_2) > p_k(t_1) \quad 0.23$$

sowie

$$t_2 > t_1 \Rightarrow dt = t_2 - t_1 \quad 0.24$$

20 gilt.

Unter der Voraussetzung, dass das Volumen und die Eigenschaften des Fluids bekannt sind sowie dass die zweite Dichtung weniger oder vergleichbar stark  
 verschleißt wie die erste Dichtung, kann man den Leckagestrom ermitteln. Dazu bildet  
 man die Differenz der beiden Massen zu den jeweiligen Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  und  
 25 bezieht diese auf die Intervallzeit  $dt$ :

$$\dot{m}_1 - \dot{m}_2 = \frac{\Delta m_k}{dt} = \frac{m_k(t_2) - m_k(t_1)}{t_2 - t_1} \quad 0.25$$

Unter der Annahme, dass

$$p_k \ll p_s \text{ und damit } \dot{m}_2 \ll \dot{m}_1 \quad 0.26$$

ist, ergibt sich der Leckagemassenstrom über die zu überwachende Dichtung

$$30 \quad \dot{m}_1 = \frac{\Delta m_k}{dt} = \frac{m_k(t_2) - m_k(t_1)}{t_2 - t_1} \quad 0.27$$



ist.

### Gasförmige Medien

Ebenfalls stellvertretend für die Vielzahl möglicher gasförmiger Medien, wird im Folgenden beispielhaft die Leckagerate für das Gas Luft beschrieben:

Gemäß der Gasgleichung für reelle Gase gilt für eine eingeschlossene Luftmasse  $m$  in einem Volumen  $V$  bei einer Temperatur  $T$  und dem Druck  $p$  Luft und der Gaskonstante  $R$ :

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \cdot Z \quad 0.28$$

Im Falle eines idealen Gases als welches Luft in einem bestimmten Druck und Temperaturbereich betrachtet werden kann, gilt  $Z = 1$ .

Demnach lässt sich die Masse des Luftvolumens berechnen:

$$m_k = \frac{p_k \cdot V_k}{R \cdot T_k} \quad 0.29$$

Die Massenänderung während der Zeitspanne  $dt$  beträgt,

$$\Delta m_k = m_k(t_2) - m_k(t_1) = \frac{p_k(t_2) \cdot V_k}{R \cdot T_k(t_2)} - \frac{p_k(t_1) \cdot V_k}{R \cdot T_k(t_1)} \quad 0.30$$

oder für den Fall, dass  $T_k(t_1) = T_k(t_2)$  ist, vereinfacht:

$$\Delta m_k = \frac{\Delta p_k \cdot V_k}{R \cdot T_k} \quad 0.31.$$

Daraus ergibt sich der Massenstrom über die zu überwachende Dichtung unter der Annahme, dass

$$p_k \ll p_s \text{ und damit } \dot{m}_2 \ll \dot{m}_1 \quad 0.32$$

ist, zu

$$\dot{m}_1 \approx \frac{\Delta m_k}{dt} = \frac{\Delta p_k}{dt} \cdot \frac{V_k}{R \cdot T_k} \quad 0.33.$$

### Kompressible Flüssigkeiten

Bei Verwendung eines kompressiblen Fluids (Wasser, Öl, etc.) mit dem Kompressionsmodul  $E_{\text{fluid}}$  kann man über den Druckgradienten auf Leckagestrom schließen.

Die Kapazität des Kontrollvolumens kann über das Volumen  $V_k$  und den Kompressionsmodul berechnet werden:

$$C_H = \frac{V_k}{E_{fluid}} \quad 0.34.$$

5 Im Kontrollvolumen ist allgemein die zeitliche Änderung des Druckes proportional zur Summe der zu- bzw. abfließenden Volumenströme:

$$\dot{p}_k = \frac{1}{C_H} \cdot \sum_i Q_i = \frac{1}{C_H} \cdot (Q_1 - Q_2) \quad 0.35.$$

Nun kann man die zeitlich Änderung des Druckes bezogen auf das Zeitintervall  $dt$  mitteln, so dass man erhält:

$$\bar{\dot{p}}_k = \frac{p_k(t2) - p_k(t1)}{dt} \quad 0.36.$$

10 Unter der Annahme, dass

$$p_k \ll p_s \text{ und damit } Q_1 \ll Q_2 \quad 0.37$$

gilt, ergibt sich der Leakagestrom über die zu überwachende Dichtung

$$Q_1 \approx C_H \cdot \frac{\Delta p_k}{dt} \quad 0.38$$

sowie der Leckagemassenstrom zu

$$15 \quad \dot{m}_1 \approx \rho_{fluid} \cdot C_H \cdot \frac{\Delta p_k}{dt} = \rho_{fluid} \cdot C_H \cdot \frac{p_k(t2) - p_k(t1)}{dt} \quad 0.39.$$

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von Leckagen an der Dichtung eines Ventils bzw einer Ventilsstange, insbesondere eines Prozessventils,  
5 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass zur Ermittlung der Leckage der Druck ggfs in Abhängigkeit von der Zeit in einem Kontrollvolumen zwischen einer ersten und einer zweiten Ventilstangendichtung ermittelt und daraus der Leckagestrom berechnet wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass aus dem Wert des Leckagestrom auf die Dichtigkeit der Dichtung geschlossen wird, und so ein Dichtungswechselzeitpunkt ermittelt wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Kontrollvolumen diskontinuierlich geöffnet bzw entleert und dann wieder geschlossen und sodann der Druckanstieg im Kontrollvolumen gemessen wird.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Kontrollvolumen druckbegrenzt wird, und bei einem oberen Druckwert entleert wird, solange bis sich ein niedriger Schließdruck eingestellt hat.
- 25 5. Verfahren nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Kontrollvolumen über ein druckschalterbetätigtes Schaltventil entlüftet bzw. entleert wird, und sodann in Abhängigkeit zur Schließzeit, zum Druck im Kontrollvolumen und den Zustandsgleichungen des Arbeitsmittels ein  
30 Leckagestrom ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass ein oberer Druckwert und ein niedriger Schließdruck durch Druckschalter oder  
durch einen Drucksensor erfasst werden, und sodann in Abhängigkeit zur  
5 Schließzeit, zum Druck im Kontrollvolumen und den Zustandsgleichungen des  
Arbeitsmittels ein Leakagestrom ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
10 dass das Schaltventil über ein Steuerprogramm so angesteuert wird, dass wenn  
ein Prüfungszyklus eingeleitet wird, die Einzelschritte des Prüfzyklusses  
automatisch ablaufen.
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
15 dass der Prüfungszyklus folgende Schritte enthält,  
- Öffnen des Schaltventiles und Entlüftung des Kontrollvolumens,  
- Verschließen des Kontrollvolumens und Start der Kontrollzeit,  
- Ermittlung eines Druckanstieges durch Erfassung des Kontrollvolumendruckes  
20 über die Zeit,  
- Auswertung und Generierung einer Meldung oder eines Alarms bei  
Überschreitung vorgegebener Druckanstiegswerte.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
25 dass Kontrollvolumen über einen Strömungswiderstand entlüftet wird, dem ein  
Partikelfilter vorgeschaltet ist, und der Differenzdruck zwischen  
Zwischenvolumendruck und Druck hinter dem Strömungswiderstand gemessen,  
und daraus zusätzlich der Verschmutzungsgrad des Filters ermittelt wird.  
30

10. Einrichtung zur Ermittlung von Leckagen an der Dichtung eines Ventils bzw einer Ventilsstange, insbesondere eines Prozessventils,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass zwischen einer ersten und einer zweiten Ventilstangendichtung (10, 20) konstruktiv ein Kontrollvolumen (30) geschaffen ist, und dass dieses Kontrollvolumen (30) mit mindestens einem Drucksensor und /oder Druckschalter (P1, P2, ..., Pn) drucküberwacht ist, und zur Ermittlung eines Leckagestromes mit einer Auswerteeinheit (40) oder einen Stellungsregler (41) logisch verschaltet ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Kontrollvolumen (30) über einen Strömungswiderstand (50) entlüftbar bzw entleerbar ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass dem Strömungswiderstand (50) ein Filter (60) vorgeschaltet ist.

13. Einrichtung nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass ein weiterer Drucksensor (Pn) hinter dem Filter (60) angeordnet ist, und zur Verschmutzungsgradermittlung der Differenzdruck zwischen dem Druck im Kontrollvolumen (30) und dem Druck hinter dem Filter (60) gebildet bzw gemessen wird, wobei ggfs eine Aufforderung und/oder ein Signal zum Filterwechsel generierbar ist.

14. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Kontrollvolumen (30) über ein Schaltventil (V1) entlüftbar bzw entleerbar ist, welches über einen Druckschalter (Px) betätigbar ist.

- 5 15. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Kontrollvolumen (30) über ein Schaltventil (V1) entlüftbar bzw entleerbar  
ist, welches über einen Druckbegrenzungsventil betätigbar ist.
- 10 16. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Schaltventil (V1) über eine Auswerteeinheit (40) oder einen  
Stellungsregler (41) ansteuerbar ist.
- 15 17. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Schaltventil (V1) ein Wegeventil ist.
- 20 18. Einrichtung nach Anspruch 16,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Schaltventil (V1) ein 2/2-Wegeventil ist.
- 25 19. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Kontrollvolumen (30) in ein abgeschlossenen oder ein abschließbares  
Volumen hinein entlüftbar ist.
- 30 20. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass bei Erreichen entsprechender Leckagestromgrenzwerte automatisch eine  
Aufforderung und/oder ein Signal zum Wechsel der Ventilstangendichtung  
generierbar ist.
21. Verwendung einer Einrichtung nach einem oder mehreren der  
Ansprüche 10 bis 19, als ein fernüberwachbares Prozessventil.

20. Dez. 2000

- 21 -

12.12.2000

## Zusammenfassung

### Verfahren und Einrichtung zur Ermittlung von Leckagen an der Dichtung eines Ventils.

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Ermittlung von Leckagen an der Dichtung eines Ventils bzw einer Ventilstange, insbesondere eines Prozessventiles, gemäß Oberbegriff des Patentansprüche 1 und 10. Um hierbei ein Verfahren sowie eine Einrichtung der gattungsgemäßen Art dahingehend weiterzubilden, daß eine Leckage im Ventilstangenbereich bei Prozessventilen zuverlässig und sicher erkannt werden kann, um sodann einen rechtzeitigen Hinweis zum Wechsel der Ventilstangendichtung zu erhalten, ist erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass zur Ermittlung der Leckage der Druck ggfs in Abhängigkeit von der Zeit in einem Kontrollvolumen zwischen einer ersten und einer zweiten Ventilstangendichtung ermittelt und daraus der Leckagestrom berechnet wird.

10

15

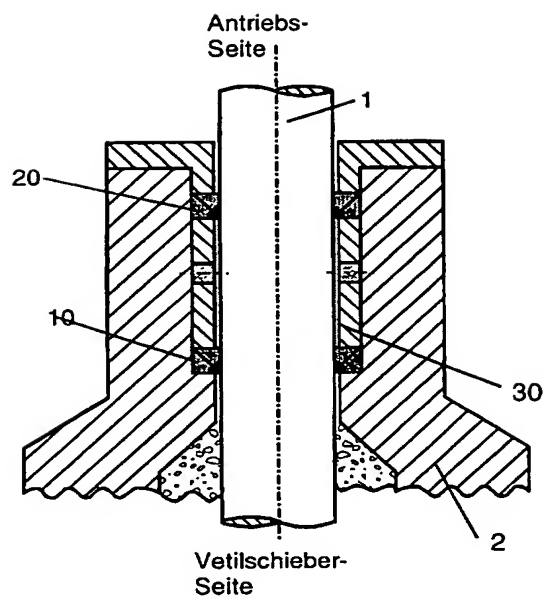
Siehe hierzu Figur 1

20

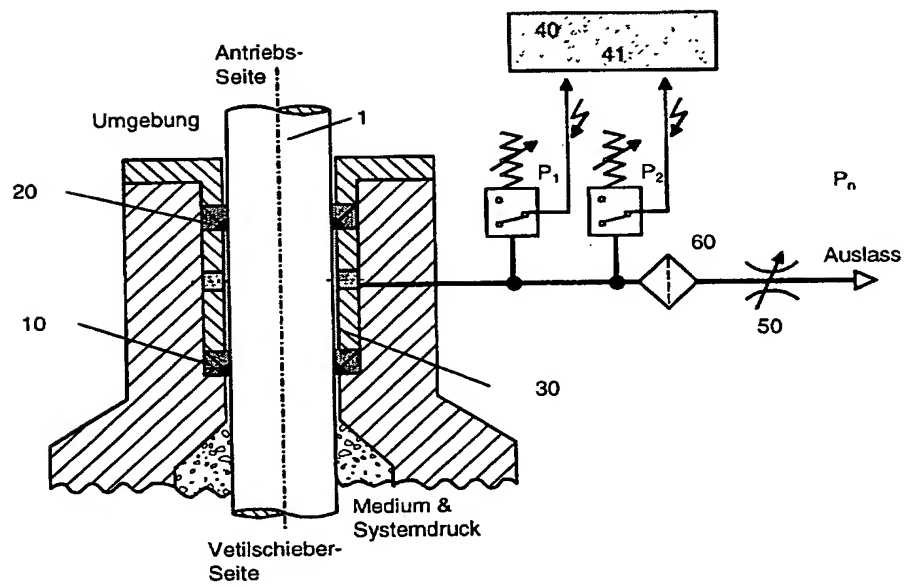




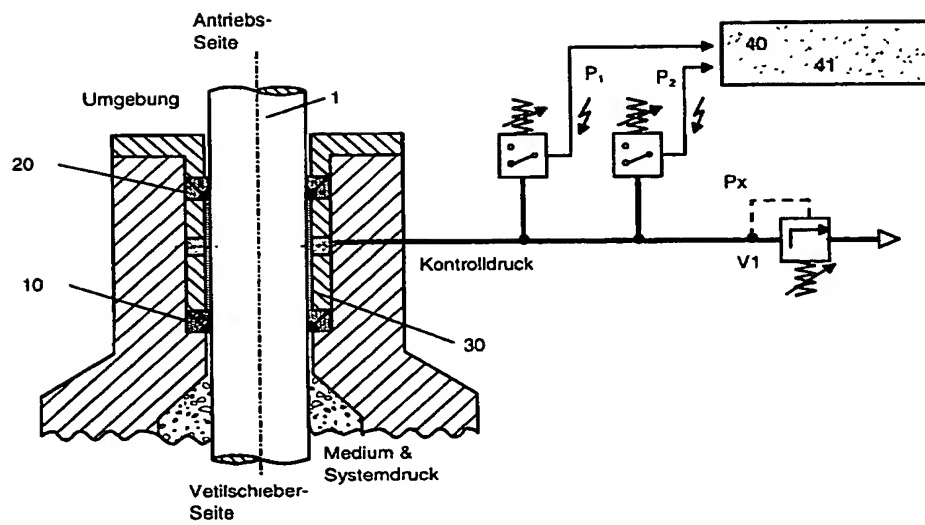
EPO - Munich  
67  
20. Dez. 2000



Figur 1

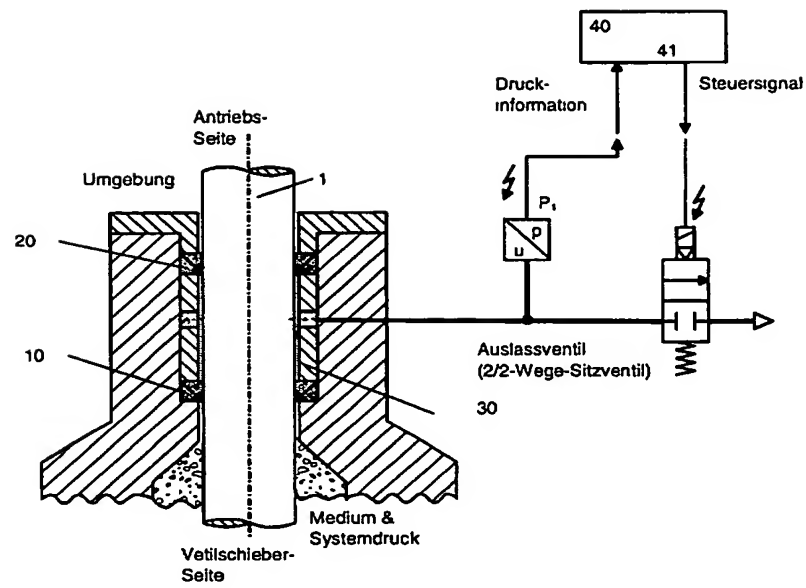


Figur 2

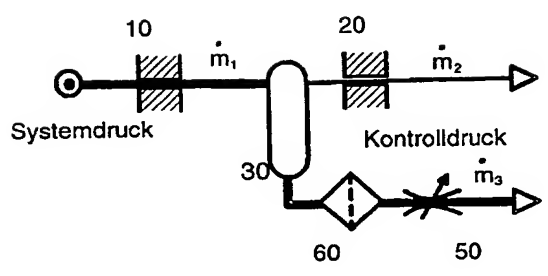


Figur 3

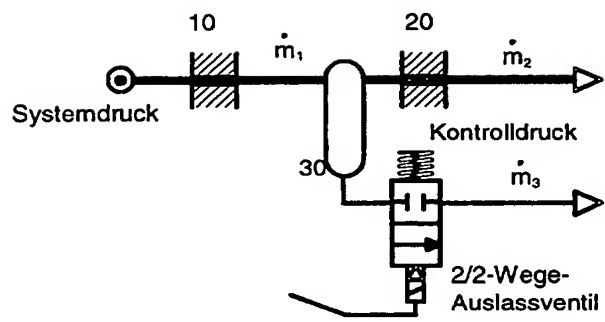




Figur 5



Figur 6



Figur 7

